

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-110138

(43)Date of publication of application : 11.04.2003

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 2001-300915

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 28.09.2001

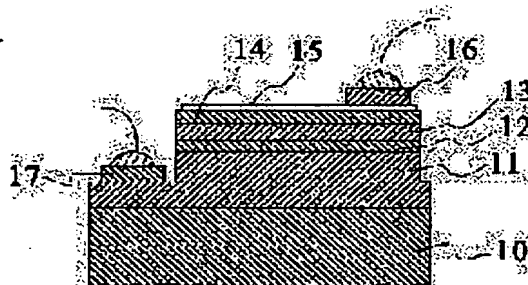
(72)Inventor : KOMAKI TOSHIO  
KUSUSE TAKESHI  
ICHIHARA TAKASHI

## (54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DIODE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To form a gallium nitride compound semiconductor light emitting diode in which the sheet resistance of a light permeable p-type electrode is matched to light permeability so that external quantum efficiency becomes the best.

SOLUTION: The gallium nitride compound semiconductor light emitting diode comprises an n-type gallium nitride compound semiconductor layer having a contact layer, a p-type gallium nitride compound semiconductor layer having a contact layer, and a light permeable p-type electrode made of a metal thin film formed on the substantially overall surface of the contact layer of the p-type gallium nitride compound semiconductor layer. In this diode, the p-type electrode is made of a metal electrode containing either gold and platinum elements. The films are thinned so that the relationship between the sheet resistance  $R_p$  ( $\Omega/\text{square}$ ) of the p-type electrode and the sheet resistance  $R_n$  ( $\Omega/\text{square}$ ) of the contact layer of the n-type gallium nitride compound semiconductor layer becomes  $R_p \geq R_n$ , and annealed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.10.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

BEST AVAILABLE COPY

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-110138

(P2003-110138A)

(43) 公開日 平成15年4月11日 (2003.4.11)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

テマコード\* (参考)

C 5 F 0 4 1

E

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-300915(P2001-300915)

(22) 出願日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 小牧 稔生

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 楠瀬 健

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(74) 代理人 100074354

弁理士 豊栖 康弘 (外1名)

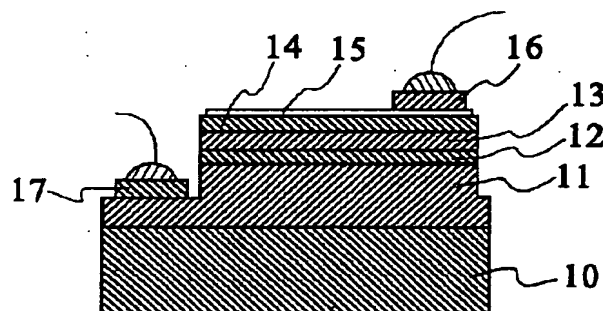
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体発光ダイオード

(57) 【要約】

【課題】 外部量子効率が最もよくなるように、透光性 p 電極のシート抵抗と光の透過率との調和を図った窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードを形成する。

【解決手段】 コンタクト層を有する n 型窒化ガリウム系化合物半導体層と、コンタクト層を有する p 型窒化ガリウム系化合物半導体層のコンタクト層のほぼ全面に形成された金属薄膜より成る透光性 p 電極とを備えた窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードであって、その透光性 p 電極が、金および白金族元素のいずれか 1 種を含む金属電極からなり、さらに透光性 p 電極のシート抵抗  $R_s$  ( $\Omega/\square$ ) と n 型窒化ガリウム系化合物半導体層のコンタクト層のシート抵抗  $R_c$  ( $\Omega/\square$ ) との関係が  $R_s \geq R_c$  となるように薄膜化され、アニールされていることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 n 型不純物濃度  $10^{17} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$  のコンタクト層を有する n 型窒化ガリウム系化合物半導体層と、前記 n 型窒化ガリウム系化合物半導体層上に形成され、p 型不純物濃度  $10^{17} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$  のコンタクト層を有する p 型窒化ガリウム系化合物半導体層と、前記 n 型窒化ガリウム系化合物半導体層と前記 p 型窒化ガリウム系化合物半導体層とで挟まれた量子井戸構造から成る活性層と、前記 n 型窒化ガリウム系化合物半導体層のコンタクト層上に形成した n 電極と、前記 p 型窒化ガリウム系化合物半導体層のコンタクト層のほぼ全面に形成された金属薄膜より成る透光性 p 電極と、前記透光性 p 電極上に形成されているワイヤボンディング用台座電極とを備えた窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードであって、

前記透光性 p 電極が、金および白金族元素の群から選択された 1 種を含む金属電極からなり、前記透光性 p 電極のシート抵抗  $R_s$ 、( $\Omega / \square$ ) と前記 n 型窒化ガリウム系化合物半導体層のコンタクト層のシート抵抗  $R_c$ 、( $\Omega / \square$ ) との関係が  $R_s \geq R_c$  となるように薄膜化され、アニールされていることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード。

【請求項 2】 前記透光性 p 電極のシート抵抗  $R_s$  が  $10 \Omega / \square$  以上となるように形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード。

【請求項 3】 前記透光性 p 電極の膜厚が  $200 \text{ \AA}$  以下に形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード。

【請求項 4】 前記透光性 p 電極が金および白金族元素の群から選択された 1 種を含む多層膜または合金から成り、前記透光性 p 電極のシート抵抗が前記金および白金族元素の群から選択された 1 種の含有量によって調節されることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード。

【請求項 5】 前記 n 型電極が前記発光ダイオードの辺部に沿って形成されており、前記台座電極は、前記 n 型電極に平行で、かつ前記透光性 p 電極上に 2 本以上の線状の延長導電部を設けられていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード。

【請求項 6】 前記 n 型電極が前記発光ダイオードの辺部に形成されており、前記台座電極は、前記 n 型電極に対向する辺部に配置され、かつ前記透光性 p 電極上に 2 本以上の線状の延長導電部を設けられていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード。

【請求項 7】 前記 n 型電極が前記発光ダイオードの隅部に形成されており、前記台座電極は、前記 n 型電極に対向する発光ダイオードの隅部に形成され、かつ前記透光

性 p 電極上に 2 以上の延長導電部を設けられていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード。

【請求項 8】 前記延長導電部は、発光ダイオードの辺部と平行ではないことを特徴とする請求項 7 記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード。

【請求項 9】 前記延長導電部が円弧線状に形成されていることを特徴とする請求項 8 記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード。

【請求項 10】 前記延長導電部が前記 p 型窒化ガリウム系化合物半導体層の辺縁から離して形成されていることを特徴とする請求項 6 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード。

【請求項 11】 前記延長導電部が前記発光ダイオード素子の辺部から少なくとも  $20 \mu\text{m}$  以上離れて形成されていることを特徴とする請求項 6 ないし 11 のいずれか 1 項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード。

【請求項 12】 前記延長導電部が前記発光ダイオード素子の辺部から  $20 \mu\text{m}$  以上  $50 \mu\text{m}$  以下だけ離間して形成されていることを特徴とする請求項 13 記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、窒化物半導体発光ダイオードに関し、特に発光表面上に金属薄膜よりなる透光性電極を設けた窒化物半導体発光ダイオードに関する。

## 【0002】

【従来の技術】窒化物半導体は、青色又は緑色を呈する発光ダイオード (light emission diode: LED) の材料として、フルカラー LED ディスプレイ、交通信号灯、イメージスキャナ光源等の各種光源として実用化されている。また、窒化ガリウム系化合物を用いた青色の LED 黄色の蛍光を発する蛍光体を組合わせると、白色の LED を得ることができる。白色 LED は、長寿命、低消費電力といった LED の特性を生かして、既存の白色蛍光灯の代替光源として期待され、外部量子効率の高効率化が要求されている。

【0003】窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードでは、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層のシート抵抗が大きいと、発光部分が不透明な p 電極近傍で強くなるという問題がある。これを解決するために、p 型窒化ガリウム系化合物半導体層の表面に金属薄膜から成る透光性 p 電極を形成し、発光の均一化を図っていた。この透光性 p 電極の全面を介して電流が流れ、発光した光は透光性 p 電極を透過して外に取り出されていた。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】したがって、透光性 p 電極は、シート抵抗を極力低くし、光の透過率を極力高

くすることが望まれる。しかしながら、シート抵抗を低くするため厚膜にすると光の透過率は低くなり、光の透過率を上げようとするときシート抵抗が高くなるため、同時に実現するのは難しい。そこで、本発明は外部量子効率が最もよくなるように、透光性p電極のシート抵抗と光の透過率との調和を図った窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードを形成することを目的とする。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードは、透光性p電極の最適化を図るにあたり、透光性p電極とn型コンタクト層との間における、シート抵抗の係数に着目した。n型不純物濃度 $10^{17} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$ のコンタクト層を有するn型窒化ガリウム系化合物半導体層と、n型窒化ガリウム系化合物半導体層上に形成され、p型不純物濃度 $10^{17} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$ のコンタクト層を有するp型窒化ガリウム系化合物半導体層と、n型窒化ガリウム系化合物半導体層とp型窒化ガリウム系化合物半導体層とで挟まれた量子井戸構造から成る活性層と、n型窒化ガリウム系化合物半導体層のコンタクト層上に形成したn電極と、p型窒化ガリウム系化合物半導体層のコンタクト層のほぼ全面に形成された金属薄膜より成る透光性p電極と、透光性p電極上に形成されているワイヤボンディング用台座電極とを備えた窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードであって、その透光性p電極が、金および白金族元素のいずれか1種を含む金属電極からなり、さらに透光性p電極のシート抵抗 $R_s$  ( $\Omega/\square$ )とn型窒化ガリウム系化合物半導体層のコンタクト層のシート抵抗 $R_c$  ( $\Omega/\square$ )との関係が $R_s \geq R_c$ となるように薄膜化され、アニールされていることを特徴とする。

【0006】外部量子効率及び発光分布はn側コンタクト層のシート抵抗と透光性p電極とのバランスにより変化し、特にその関係が $R_s \geq R_c$ となるように形成されていると外部量子効率が比較的良好な素子となることを見出した。

【0007】さらに、透光性p電極のシート抵抗 $R_s$ は $10 \Omega/\square$ 以上となるように形成されていると、 $R_s \geq R_c$ となるシート抵抗 $R_s$ を有するn型窒化ガリウム系化合物半導体層が比較的容易に作成できるので好ましい。また、透光性p電極の膜厚が200 Å以下であると、300 Å以上の時に比べて光の透過性が急によくなり外部量子効率が飛躍的に向上するので好ましい。

【0008】また、透光性p電極が、金および白金族元素の群から選択された1種と、少なくとも1種の他の元素とから成る多層膜または合金で形成されているときには、透光性p電極のシート抵抗の調節は、金および白金族元素の含有量によって調節すると好ましい。金および白金族元素は、青色～緑色の短波長領域の吸収係数が高いため、その含有量が少ないほど光の透過率がよくなる

ためである。シート抵抗の調節も、金又は白金族元素の含有量の調節によって成すと好ましい。

【0009】上記のように、本発明の特徴は、上記透光性p電極とn側コンタクト層のシート抵抗とのバランスをとることにあり、その結果、外部量子効率が良好になる作用効果を発揮することができる。実際の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードでは、透光性p電極上に所定の台座電極が形成される。

【0010】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードでは、n型電極が発光ダイオードの辺部に沿って帯状に形成される場合、台座電極は、n型電極と平行に形成されるとよい。台座電極とn電極とを平行に形成することで、台座電極とn電極とを向かい合う2辺とする四角形の辺上および内部において、電流密度が均一となりやすい。

【0011】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードでは、n型電極が発光ダイオードの1辺部近傍に例えば略矩形や円形といった帯状以外の形状とする場合には、n型電極が設けられているダイオードの辺部と対向した辺部の近傍に、台座電極が設けられるとよい。台座電極の形状は特に限定されず、帯状、略矩形、円形などで形成される。n型電極は帯状に形成するより面積が小さくできるので、n型層を露出させるために行う発光面の切り欠き面積を小さくすることが可能となる。ここで、台座電極を円形や略矩形などに形成すると、帯状に形成した台座電極と比べて、強発光する台座周辺部が減少する。そこで、台座電極から延長導電部を設け、強発光領域を増加させるとよい。このときには、n電極と台座電極との距離がなるべく均一となるように延長導電部が形成されることが好ましい。

【0012】本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードでは、n型電極が発光ダイオードの隅部に形成される場合、台座電極はn電極に対向する発光ダイオードの隅部に形成されている形態も好ましい。さらに、台座電極が2つ以上の延長導電部を設けた形状に成形されているとよい。隅部にある台座電極から、扇状に電流を広げることができれば発光領域が広がる。そのため、隅部の台座電極を中心として広がった、少なくとも2つ以上の延長導電部が形成されていると好ましい。

【0013】また、台座電極とn電極との距離をできるだけ等しく形成しようとすると、延長導電部は辺部と平行に形成されているのは望ましくない。特に前記延長導電部がn電極を中心とした円弧線状に形成されているとより好ましい。また、このとき余剰な面積を有する延長導電部を形成すると遮光効果が増大して好ましくないため、台座電極は必要最小限の面積に押さえるとよい。

【0014】延長導電部は、p型窒化ガリウム系化合物半導体層の辺縁から離して形成されていると、より好ましい。延長導電部をp型窒化ガリウム系化合物半導体層の辺縁ぎりぎりに形成すると、強発光領域となりうる範

図の一部がp型窒化ガリウム系化合物半導体層から外れてしまい、外部量子効率を減少させることになる。

【0015】延長導電部と発光ダイオードの辺部とを離すとき、その距離は、外部量子効率を損なわないことを考えて、強発光領域のうちでもかなり強く発光する部分が辺部にかからないようにするのが好ましい。少なくとも、最大発光強度に対して90%以上の強度を有する領域はp型窒化ガリウム系化合物半導体層の範囲に入るように、延長導電部とp型窒化ガリウム系化合物半導体の辺縁とが離して形成されているのが好ましい。しかし、延長導電部と辺部との距離が離れすぎると、その間に外部量子効率にさほど寄与しない無発光又は微弱発光領域が含まれるため、かえって外部量子効率を下げる結果となる。よって、p型窒化ガリウム系化合物半導体の辺縁の発光強度が、最大発光強度に対して100%以下80%以上となる程度に延長導電部をp型窒化ガリウム系化合物半導体の辺縁から離して配置すると、さらに好ましい。

【0016】または、延長導電部とp型窒化ガリウム系化合物半導体の辺縁との距離が、少なくとも20 $\mu$ m以上となるように形成されていてもよく、さらに好ましくは20 $\mu$ m以上50 $\mu$ m以下に形成されるとよい。

【0017】

【発明の実施の形態】〔実施の形態1〕図1は、本発明における窒化ガリウム系化合物半導体の発光ダイオードの断面図である。窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード1は、サファイヤ基板10の上に、Ga<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub> (0 $\leq$ x<1) からなる低温成長バッファ層（図示せず）を介して、n型窒化ガリウム系化合物半導体からなるn型コンタクト層11、n型窒化ガリウム系化合物半導体層12が形成されている。その上に、量子井戸構造を有する活性層13、p型窒化ガリウム系化合物半導体層14が形成されている。

【0018】不純物濃度 $10^{17} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$ で形成されるn型コンタクト層11のシート抵抗と、透光性p電極15のシート抵抗とは、 $R_s \geq R_p$ の関係に形成される。n型コンタクト層11は、例えば膜厚4 $\sim$ 6 $\mu$ mに形成されると好ましく、そのシート抵抗は15 $\sim$ 10 $\Omega / \square$ と見積もられることから、このときの $R_s$ は10 $\Omega / \square$ 以上の薄膜に形成されるとよい。また、透光性p電極15は、膜厚が200 $\mu$ m以下の薄膜で形成されていてもよい。

【0019】また、透光性p電極が、金および白金族元素の群から選択された1種と、少なくとも1種の他の元素とから成る多層膜または合金で形成されている場合、透光性p電極15のシート抵抗の調節は、含有されている金又は白金族元素の含有量によって成されるとよい。金又は白金族元素は、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオード1の波長領域における吸収係数が高いので、透光性p電極に含まれる金又は白金族元素の量

は少ないほど光透過性がよくなる。従来の発光ダイオードにおけるシート抵抗の関係が $R_s < R_p$ であったが、本発明では $R_s \geq R_p$ であるので、透光性p電極15のシート抵抗は高く形成されることになる。つまり、透光性p電極は従来のものと比べて薄膜に形成されることになるが、このとき金又は白金族元素の含有量を減らすことで薄膜化すると好ましい。

【0020】本発明の発光ダイオードでは、n型コンタクト層11のシート抵抗 $R_s / \square$ と、透光性p電極15のシート抵抗 $R_p / \square$ とが、 $R_s \geq R_p$ の関係を有するように形成される。発光ダイオードとして形成した後には $R_s$ を測定するのは難しく、 $R_s$ と $R_p$ との関係を知るのは実質上不可能であるが、発光時の光強度分布の状態からどのような $R_s$ と $R_p$ との関係となっているかを知ることができる。

【0021】図2は本発明の一実施形態の上面図である。p型窒化ガリウム系化合物半導体層14の基板の1辺に沿った一部分を切除して、n型コンタクト層11を露出させ、露出したn型コンタクト層11の上にn電極17を帯状に形成する。切除されずに残ったp型窒化ガリウム系化合物半導体層14の上面部のほぼ全面に、金属薄膜から成る透光性p電極15が形成され、さらに透光性p電極15の上にはn電極と平行に台座電極16が形成されている。

【0022】〔実施の形態2〕他の実施の形態としては、 $R_s \geq R_p$ の関係を満たす発光ダイオードであって、かつ図3(a)に示すように台座電極16とn電極17が素子の辺々に配置されてもよい。n電極17は帯状以外の形状、たとえば円形や略矩形などに形成される。台座電極16は帯状、円形、略矩形など、どのような形状でもよい。n型電極17は、帯状に形成するより面積が小さくできるので、n型層を露出させるために行う発光面の切り欠き面積を小さくすることが可能で、発光可能領域の余剰な削減を押さえる効果がある。また、台座電極16を円形や略矩形などに形成すると、帯状に形成した場合に比べて、不透明な台座電極による遮光領域が減るという長所はあるが、台座外周が減少するため強発光領域が減少するという短所も有する。そこで、台座電極16から線状延長導電部を設け、外周を長くして強発光領域を増加させると好ましい。

【0023】透光性p電極15とn型コンタクト層11とが $R_s \geq R_p$ の関係であるとき、延長伝導部106を有する台座電極16とすると、さらなる外部量子効率の向上が見込まれる。図3(b)～(e)に示した台座電極16は好ましい形態の一部であるが、この形状に限らず、台座電極16の外周が長く、台座電極16による遮光領域が狭く、n電極17との距離が等しくなるように形成されていれば、好ましい形態となりうる。 $R_s \geq R_p$ の関係を満たす発光ダイオードであった場合に限り、上記3つの条件を満たす発光ダイオードは、強発光

で、かつ均一発光しやすい発光ダイオードとなる。この3つの条件を完全に満たすことは難しいので、すべて完全に満たしていなくてもよく、バランス良く条件を満たしているのが好ましい。遮光領域を減らすためには、延長伝導部106は線状であると好ましいが、台座電極16の外周を長くするためには、メッシュ状も好ましい。また形状は図3のような直線状以外に、曲線状、格子状、枝状でもよい。

【0024】延長導電部106は、いろいろな位置に形成することができるが、外部量子効率を下げないためには、p型窒化ガリウム系化合物半導体層14の辺縁から離して形成されているとよい。延長導電部の周囲には、その延長導電部を中心として強発光領域が現れ、延長導電部から離れるほど発光強度が低くなる発光分布を示す。延長導電部106をp型窒化ガリウム系化合物半導体層14の辺縁ぎりぎりに形成すると、発光可能な範囲がp型窒化ガリウム系化合物半導体層14からはみ出して、発光領域の減少につながるので好ましくない。そこで、延長導電部106とp型窒化ガリウム系化合物半導体層14の辺縁とを離して形成し、発光する領域が素子からはみ出さないようにするのがよい。

【0025】延長導電部とp型窒化ガリウム系化合物半導体層の辺縁との離間距離は、外部量子効率を悪くしないことを考慮して決定するとよい。延長導電部106近接範囲で確認される最大発光強度を100%とすると、少なくとも発光強度90%以上の領域はp型窒化ガリウム系化合物半導体層14からはみ出さないように、延長導電部と発光ダイオード辺部とを離して形成されていると好ましい。しかし、あまり距離を離しすぎると、延長導電部と辺縁との間に無発光又は微弱発光領域が現れ、その領域は延長導電部106から見てn電極17とは逆側に位置するため、それ以上電流が流れ込むことはなく、発光ロス領域となる。よって、延長導電部とp型窒化ガリウム系化合物半導体の辺縁との離間距離は、最大発光強度100%に対して100%以下90%以上の発光強度の領域の範囲において、p型窒化ガリウム系化合物半導体層14の辺縁に到達するような距離とすると、より好ましい。

【0026】ここで形成する窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードにおいては、延長導電部106とp型窒化ガリウム系化合物半導体層14の辺縁との距離は、少なくとも20 $\mu$ m以上となるように形成されているとよく、さらに好ましくは20 $\mu$ m以上50 $\mu$ m以下となるように形成されることである。

【0027】【実施の形態3】さらなる実施の形態では、図4(a)に示すように台座電極16とn電極17を素子の向かい合う隅部に配置してもよい。台座電極16は延長伝導部106をすると好ましい。図4(b)～(e)に示す台座電極16は、好ましい形態の1部であり、その他の形状でもよい。R<sub>1</sub>≥R<sub>2</sub>の関係を満たし

ているときには、台座電極16の外周を長く、台座電極16による遮光領域を狭く、n電極17との距離を等しくした発光ダイオードは、強発光で、かつ均一発光しやすい発光ダイオードとなる。しかし、台座電極の外周が長く、遮光面積が小さく、n電極と等距離という条件を完全に満たす台座電極を形成するのは難しいので、必ずしも完璧に条件に合致しなくてもよく、できるだけこれら3つの条件をバランス良く満たしていることが好ましい。延長導電部106の形状は線状、メッシュ状、曲線状、格子状、枝状でもよい。

【0028】実施の形態2と同様に、実施の形態3においても、延長導電部106はいろいろな位置に形成することができる。しかし、外部量子効率を下げないために、p型窒化ガリウム系化合物半導体層14の辺縁と延長導電部106とは離して形成し、発光の強い領域は辺縁からはみ出ないようにすると好ましい。

【0029】ここで延長導電部は、少なくとも最大発光強度を100%として90%以上の発光強度を有する領域が辺縁からはみ出ないように、延長導電部と発光ダイオード辺部とが離れて形成されているのが好ましい。さらに好ましくは、100%以下80%以上の発光強度を有する領域で辺縁と重なる程度の距離を離して形成されていることである。このようにすると、強発光領域を損なわず、発光しない領域が少なくできるので好ましい。または、延長導電部106とp型窒化ガリウム系化合物半導体層14の辺縁とが、少なくとも20 $\mu$ m以上離間して形成されていてもよく、さらに好ましくは離間距離が20 $\mu$ m以上50 $\mu$ m以下であるように形成されることである。

【0030】

【実施例】【実施例1】2インチ $\phi$ 、(0001)C面を主面とするサファイア基板10の上に500℃にて、Ga<sub>0.4</sub>N<sub>0.6</sub>よりなるバッファ層(図示せず)を200オングストロームの膜厚で成長させた後、温度を1050℃にしてアンドープGa<sub>0.4</sub>N層を5 $\mu$ m膜厚で成長させる。尚、この成長させる膜厚は、5 $\mu$ mに限定されるものではなく、バッファ層よりも厚い膜厚で成長させて、10 $\mu$ m以下の膜厚に調整することが望ましい。次にこのアンドープGa<sub>0.4</sub>N層の成長後、ウェーハを反応容器から取り出し、このGa<sub>0.4</sub>N層の表面に、ストライプ状のフォトリソマスクを形成し、CVD装置によりストライプ幅15 $\mu$ m、ストライプ間隔(窓部)5 $\mu$ mのSiO<sub>2</sub>よりなるマスク12を0.1 $\mu$ mの膜厚で形成する。マスクを形成後、ウェーハを再度反応容器内にセットし、1050℃で、アンドープGa<sub>0.4</sub>N層14を10 $\mu$ mの膜厚に成長させる。アンドープGa<sub>0.4</sub>N層11の結晶欠陥は10<sup>10</sup>/cm<sup>2</sup>以上であったが、Ga<sub>0.4</sub>N層の結晶欠陥は10<sup>6</sup>/cm<sup>2</sup>以下であった。

【0031】(n型コンタクト層11、n型窒化ガリウム系化合物半導体層12)次に、n型コンタクト層1

10

20

30

40

50

1、およびn側窒化ガリウム系化合物半導体層12を形成する。まず、1050℃で、同じく原料ガスにTMG、アンモニアガス、不純物ガスにシランガスを用い、Siを $4.5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたGa<sub>0.9</sub>Nよりなるn側コンタクト層11を2.25μmの膜厚で成長させる。次にシランガスのみを止め、1050℃で、TMG、アンモニアガスを用い、アンドープGa<sub>0.9</sub>N層を75オングストロームの膜厚で成長させ、続いて同温度にてシランガスを追加しSiを $4.5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたGa<sub>0.9</sub>N層を25オングストロームの膜厚で成長させる。このようにして、75オングストロームのアンドープGa<sub>0.9</sub>N層からなるA層と、SiドープGa<sub>0.9</sub>N層を有する25オングストロームのB層とからなるペアを成長させる。そしてペアを25層積層して2500オングストローム厚として、超格子構造の多層膜よりなるn側窒化ガリウム系化合物半導体層を成長させる。

【0032】(活性層13) 次に、アンドープGa<sub>0.9</sub>Nよりなる障壁層を250オングストロームの膜厚で成長させ、続いて温度を800℃にして、TMG、TMI、アンモニアを用いアンドープIn<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nよりなる井戸層を30オングストロームの膜厚で成長させる。そして障壁+井戸+障壁+井戸・・・+障壁の順で障壁層を7層、井戸層を6層、交互に積層して、総膜厚1930オングストロームの多重量子井戸構造よりなる活性層13を成長させる。

【0033】(p型層14) 次に、p側多層膜クラッド層及びp側コンタクト層から成るp型層14を形成する。まず、温度1050℃でTMG、TMA、アンモニア、Cp<sub>2</sub>Mg(シクロペンタジエニルマグネシウム)を用い、Mgを $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ドープしたp型Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nよりなる第3の窒化物半導体層を40オングストロームの膜厚で成長させ、続いて温度を800℃にして、TMG、TMI、アンモニア、Cp<sub>2</sub>Mgを用いMgを $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ドープしたIn<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nよりなる第4の窒化物半導体層を25オングストロームの膜厚で成長させる。そしてこれらの操作を繰り返し、第3+第4の順で交互に5層ずつ積層し、最後に第3の窒化物半導体層を40オングストロームの膜厚で成長させた超格子構造の多層膜よりなるp側多層膜クラッド層を365オングストロームの膜厚で成長させる。続いて1050℃で、TMG、アンモニア、Cp<sub>2</sub>Mgを用い、Mgを $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ドープしたp型Ga<sub>0.9</sub>Nよりなるp側コンタクト層を700オングストロームの膜厚で成長させる。

【0034】反応終了後、温度を室温まで下げ、さらに窒素雰囲気中、ウェーハを反応容器内において、700℃でアニーリングを行い、p型層をさらに低抵抗化する。

【0035】次に、ウェーハを反応容器から取り出し、表面に所定の形状のマスクを形成し、RIE(反応性イ

オンエッチング)装置でp型窒化ガリウム系化合物半導体層側からエッチングを行い、図4に示すように素子の隅部において、n側コンタクト層11の表面を露出させる。

【0036】(透光性p電極15、台座電極16、n電極17)エッチング後、p型層14のほぼ全面を覆うように、膜厚110オングストロームの透光性p電極15(Ni/Au=60/70)と、そのp電極26の上に膜厚0.5μmのAuよりなる台座電極16を形成する。台座電極16は、図5に示すように、隅部にワイヤボンディング用の略矩形領域と、円弧線状の延長導電部106とを有する台座電極16を形成する。最近接となる延長導電部の先端と発光ダイオードの辺部との距離は20μmである。一方、エッチングにより露出させたn側コンタクト層11の表面にはWとAlを含む略矩形のn電極17を形成して発光ダイオード素子とした。

【0037】このように形成したLEDを発光させたときの、発光強度の分布を図6に示す。図6のヒストグラムでは、横軸は測定レンジの最大発光強度を1.0としたときの相対発光強度であり、縦軸はその相対発光強度となっているLEDの表面積に比例する値となっている。よって、ピークの位置が右にシフトしてピークの高さが高いほど外部量子効率が高く、ピーク幅が狭いほど発光強度が均一であることを示す。図6は比較例の図7と比べてピーク位置が右にシフトしてピークの高さが高くなっていることから、外部量子効率の上昇していることがわかる。

【0038】[比較例]透光性p電極15の膜厚は260オングストローム(Ni/Au=60/200)に形成し、台座電極16は延長導電部106を有しない形状とする以外は、実施例1と同様にした。実施例と同じ条件で発光させたところ、図7に示す発光強度分布を示した。

【0039】

【発明の効果】本発明では、透光性p電極15のシート抵抗R<sub>p</sub>とn型コンタクト層11のシート抵抗R<sub>n</sub>との関係がR<sub>p</sub> ≥ R<sub>n</sub>となるようにしたことにより、外部量子効率が向上した。さらに、このようなシート抵抗の関係が成立していると、台座電極の外周を長くすることにより強発光領域を増加させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明における発光ダイオードの概略断面図である。

【図2】 本発明の実施形態の一例の概略図である。

【図3】 本発明の実施形態の一例の概略図である。

【図4】 本発明の実施形態の一例の概略図である。

【図5】 本発明の実施例の概略図である。

【図6】 本発明の実施例の発光強度分布のヒストグラムである。

【図7】 比較例の発光強度分布のヒストグラムであ



11

12

る。

## 【符号の説明】

10・・・基板

11・・・n型コンタクト層

12・・・n型窒化ガリウム系化合物半導体層

13・・・活性層

\* 14・・・p型窒化ガリウム系化合物半導体

15・・・透光性p電極

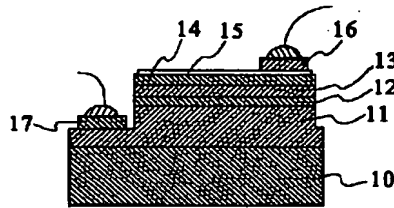
16・・・台座電極

106・・・台座電極の延長導電部

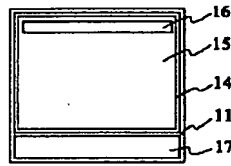
17・・・n電極

\*

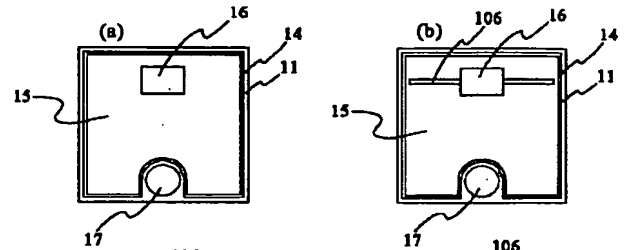
【図1】



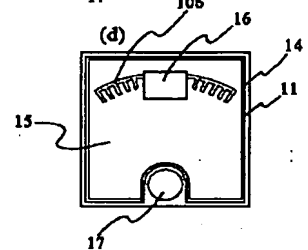
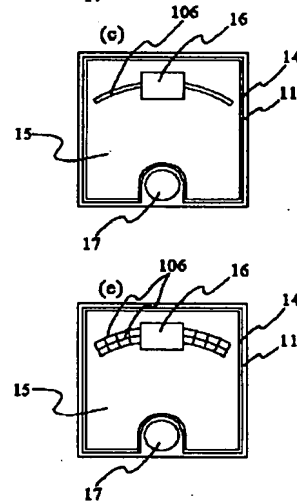
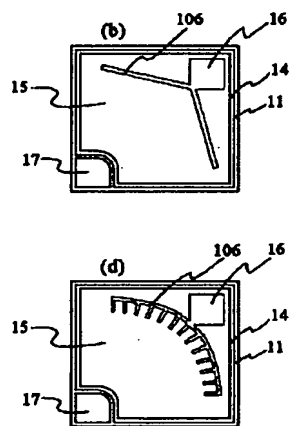
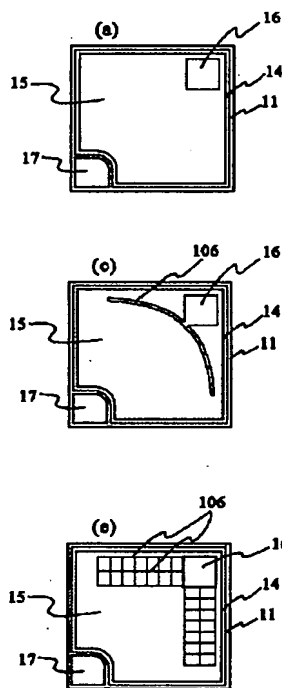
【図2】



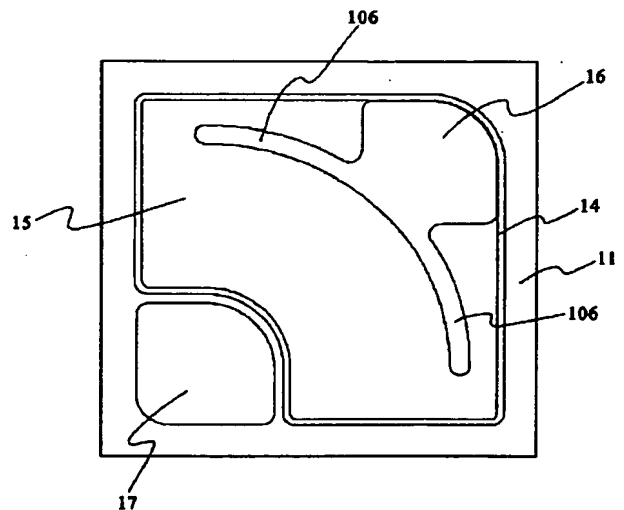
【図3】



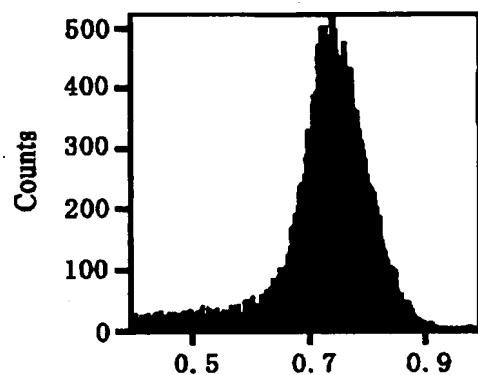
【図4】



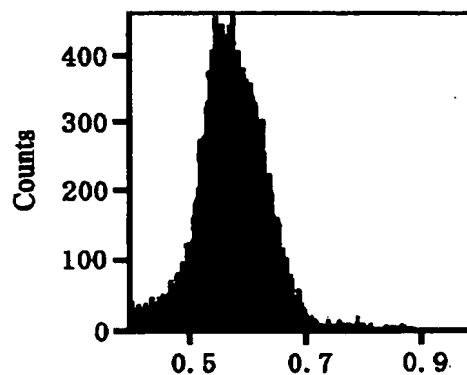
【図5】



【図6】



【図7】



---

フロントページの続き

(72)発明者 市原 隆志  
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化  
学工業株式会社内

Fターム(参考) 5F041 AA03 CA05 CA40 CA46 CA74  
CA84 CA88 CA92 CA93 CA98  
FF01 FF11

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**